

Интенсификация процесса разделения пруткового материала на мерные заготовки клиновидными ножами

Докт. техн. наук, проф. Л. А. Исаевич¹⁾, канд. техн. наук, доц. М. И. Сидоренко¹⁾

¹⁾Белорусский национальный технический университет (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2017
Belarusian National Technical University, 2017

Реферат. На основе анализа известных способов разделения пруткового сортамента на мерные заготовки установлено, что наиболее эффективным является способ формообразования в нем кольцевой канавки клиновидного сечения пластическим деформированием металла дисковыми ножами, при постепенном углублении которой происходит разрушение сортамента в этой зоне. С целью снижения глубины канавки предложено после ее формообразования производить в этой же зоне локальный изгиб прутка. На основании полученных экспериментальных данных предложена эмпирическая формула, показывающая зависимость угла изгиба оси прутка от глубины кольцевой канавки. Установлено, что наибольшее влияние на угол локального изгиба оси прутка в зоне кольцевой канавки происходит при изменении ее глубины от 0,5 до 3,0 мм. Причем эта зависимость имеет степенной характер. Уменьшение угла локального изгиба оси заготовки для указанного интервала глубин канавки будет находиться в пределах 8,83°–2,23°. Дальнейшее увеличение глубины кольцевой канавки не имеет практического смысла, поскольку угол изгиба оси прутка при этом уменьшается незначительно. Установленная зависимость справедлива для процесса разделения прутков дисковыми клиновидными ножами с локальным изгибом их оси и практически не зависит от исходного диаметра разделяемого сортамента. Поэтому процесс может эффективно осуществляться при глубине канавки, не превышающей 3,0 мм.

Ключевые слова: пруток, заготовка, кольцевая канавка, локальный изгиб, глубина, угол, фаска, диаметр, ножи, концентратор напряжений

Для цитирования: Исаевич, Л. А. Интенсификация процесса разделения пруткового материала на мерные заготовки клиновидными ножами / Л. А. Исаевич, М. И. Сидоренко // *Наука и техника*. 2017. Т. 16, № 1. С. 16–20. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-1-16-20

Intensification of Separation Process for Bar Material in Cut-to-Length Sections by Wedge-Shaped Knives

L. A. Isaevich¹⁾, M. I. Sidorenko¹⁾

¹⁾Belarusian National Technical University (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. It has been established on the basis of well-known method analysis on separation of bar materials in cut-to-length sections that a method for shape-formation of an annular groove in the bar material which has tapered cross-section is considered as the most efficient one. The annular groove has been formed by plastic metal deformation with the help of disk cutting shears. Bar material fracture occurs in the groove zone when it has progressive deepening. In order to decrease groove depth it has been proposed to make a local bar bending in this zone after completion of groove shape-formation process. An empirical formula has been recommended on the basis of the obtained experimental data and it demonstrates dependence of bar bending angle on annular groove depth. It has been found that maximum impact on local bending angle of bar axis in the annular groove zone originates in the case when its depth is changing from 0.5 to 3.0 mm and the dependence has power-law character. Decrease in the local bending angle of the workpiece axis for specified range of the groove depth will be within the following limits: 8.83° to 2.23°. A further increase in the depth of the annular groove is out of practical importance because in this case the angle of bar bending axis is decreasing insignificantly. The determined dependence is valid for separation process of bars with the help of disk wedge-shaped knives. In this case local bending of the axis takes place and the dependence is not dictated by an initial diameter of bar material which is to be separated. Therefore, the process can be carried out efficiently when the groove depth does not exceed 3.0 mm.

Keywords: bar, workpiece, annular groove, local bending, depth, angle, chamfer, diameter, knives, stress concentrator

For citation: Isaevich L. A., Sidorenko M. I. (2017) Intensification of Separation Process for Bar Material in Cut-to-Length Sections by Wedge-Shaped Knives. *Science and Technique*. 16 (1), 16–20. DOI: 10.21122/2227-1031-2017-16-1-16-20 (in Russian)

Адрес для переписки

Исаевич Леонид Александрович
Белорусский национальный технический университет
ул. Я. Коласа, 24,
220013, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 296-67-85
nitomd@bntu.by

Address for correspondence

Isaevich Leonid A.
Belarusian National Technical University
24 Ya. Kolasa str.,
220013, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 296-67-85
nitomd@bntu.by

Введение

Известно [1], что для процессов безоблойной штамповки, холодного выдавливания, холодной поперечной прокатки и других предъявляются повышенные требования к качеству исходных заготовок, в которых должны отсутствовать вырывы, задиры, смятины и утяжины на торцах и боковой поверхности, отклонения от перпендикулярности торцов к оси заготовки. Распространенные в заготовительном производстве способы разделения прутковых материалов в штампах в большинстве своем не удовлетворяют этим требованиям [2]. Поэтому в ряде случаев прибегают к резке прутков пилами либо с помощью токарных автоматов. Однако производительность таких процессов сравнительно низка и значительная часть металла уходит в стружку [3].

Более совершенными и экономически оправданными являются процессы разделения прутковых материалов методами поперечно-клиновой прокатки [4–7]. Однако возможности таких методов ограничиваются рядом нерешенных проблем, среди которых – получение коротких заготовок с отношением длины к диаметру менее единицы, разделение прутков большого диаметра и др.

Основная часть

При использовании способа, представленного в [7], решающее влияние на условия разделения пруткового материала на мерные заготовки оказывает глубина внедрения в него клиновидных дисковых ножей с формообразованием на торцах заготовок фасок соответствующей величины (рис. 1) [8].

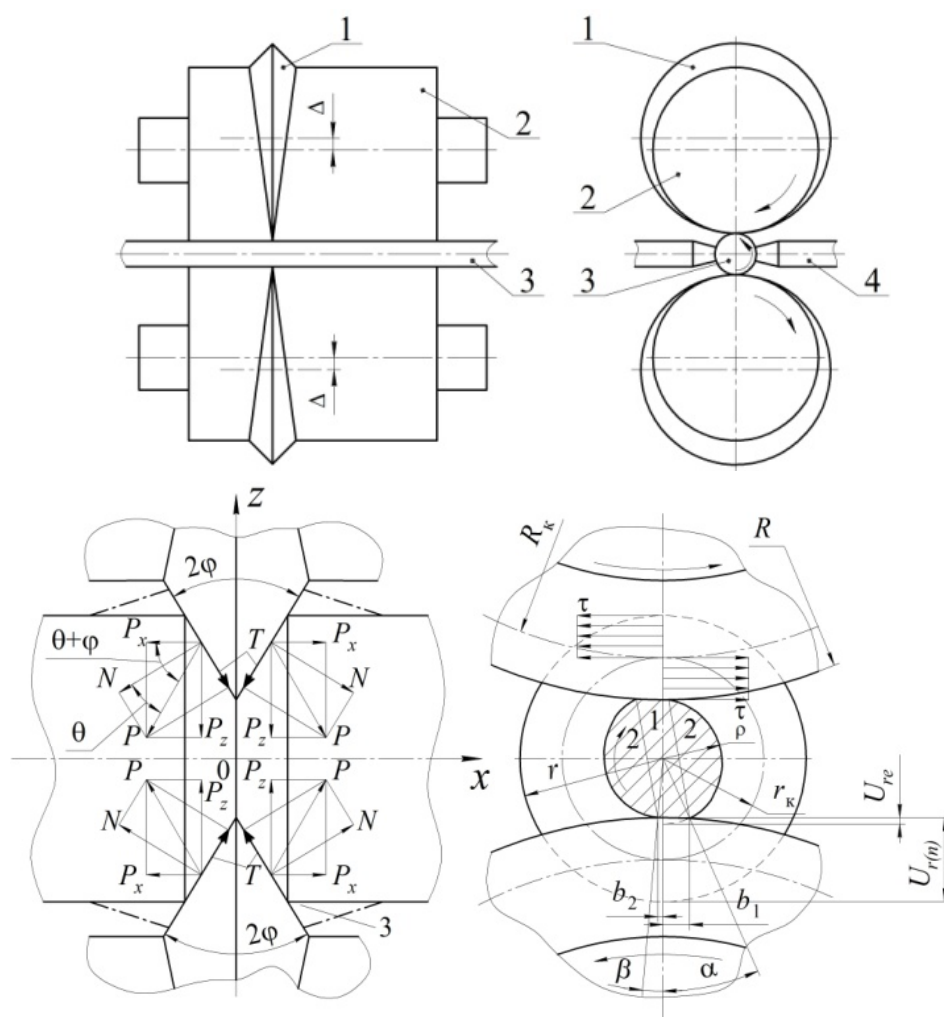


Рис. 1. Схемы разделения пруткового сортамента на мерные заготовки и действующих сил в очаге деформации:

1 – дисковый нож с клиновидным лезвием; 2 – валки; 3 – пруток; 4 – проводки

Fig. 1. Schemes for separation of bar assortment on cut-to-length sections and active forces in deformation zone:

1 – circular knife with wedge-shaped blade; 2 – rollers; 3 – bar; 4 – wirings

В свою очередь, представленное последнее решение не всегда приемлемо из-за конструктивных особенностей получаемых заготовок, в которых вводятся ограничения на размер фасок. С целью минимизации этого параметра предложено устройство [7, 8], в котором после предварительного формообразования в прутке клиновидной кольцевой канавки отделяемую его часть отгибают в процессе вращения прутка (рис. 2).

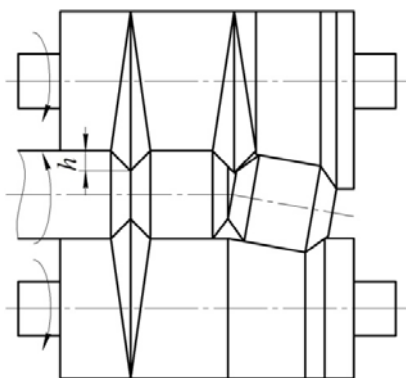


Рис. 2. Сборный инструмент для поперечной прокатки тел вращения

Fig. 2. Assembled tool for cross rolling of solids of revolution

В этом случае большую роль играет угол изгиба оси прутка в зоне формообразованной канавки, при котором происходит отделение

самой заготовки. Его можно рассчитать с помощью эмпирической формулы

$$\psi = \arctg \frac{1}{l} \left(\frac{K_1}{2^{2K-1}} + K_2 \right), \quad (1)$$

где K_1 , K_2 – коэффициенты, имеющие размерность в мм; K – безразмерный коэффициент, численно равный h ; h – глубина канавки (внедрения ножа), мм; l – расстояние от линии дна канавки, мм, до точки приложения отгибающей силы P .

Формула (1) составлена на основании экспериментальных данных, полученных при разделении прутков на токарном станке (рис. 3).

После нанесения на прутке резцом канавки с углом при вершине 2φ и глубиной h заготовку отгибают с помощью роликовой головки на угол ψ вплоть до разрушения материала в зоне канавки, фиксируя при этом значение параметра m смещения головки. С изменением глубины h канавки будет меняться и значение параметра m , которое фиксируется с помощью поперечного перемещения суппорта станка с точностью 0,05 мм. В случае разделения таким путем прутка диаметром 20 мм из стали 35 в состоянии поставки при угле канавки $2\varphi = 60^\circ$ получены данные, которые после статистической обработки [9] представлены в табл. 1.

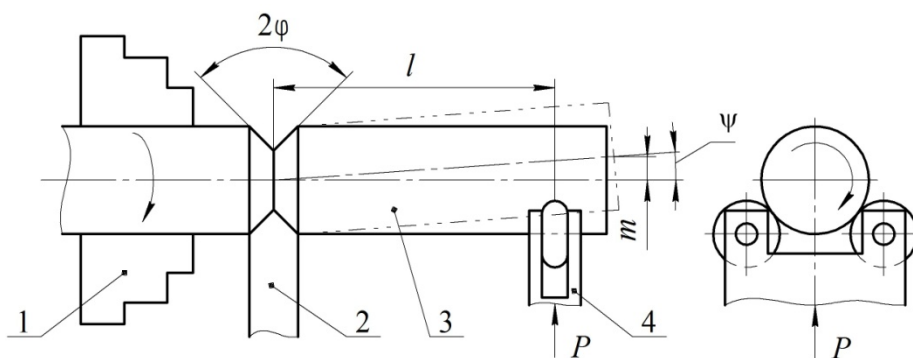


Рис. 3. Схема разделения прутка на заготовки в токарном станке:

1 – пруток; 2 – резец; 3 – заготовка; 4 – роликовая головка

Fig. 3. Scheme for separation of bar on work-pieces in a lathe:

1 – bar; 2 – cutter; 3 – work-piece; 4 – roller head

Таблица 1

Экспериментальные данные измерения параметра m от глубины канавки h

Experimental data for measuring parameter m from groove depth h

h , мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
m , мм	15,5	9,5	6,5	5,0	4,25	3,9	3,7	3,6	3,55	3,5	3,5

При этом расстояние между острием резца и точкой приложения отгибающей силы P составляет $l = 100$ мм. По приведенным данным построена графическая зависимость параметра m от глубины канавки h (рис. 4).

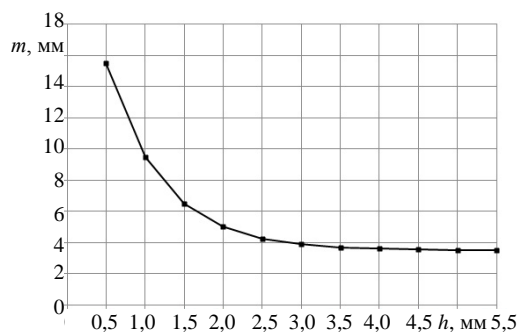


Рис. 4. Зависимость параметра m от глубины канавки h в момент разрушения образца

Fig. 4. Dependence of parameter m on groove depth h at the moment of specimen fracture

Из приведенных данных следует, что наиболее существенно параметр m меняется при глубинах канавки в интервале $h = 0,5\text{--}3,0$ мм. При более значительных глубинах канавки это изменение несущественно. Подставим в (1) полученные на основе эксперимента значения $K_1 = 12$ мм, $K_2 = 3,5$ мм, $K = h$ и $l = 100$ мм. Тогда оно примет вид

$$\psi = \arctg 0,01 \left(\frac{12}{2^{2h-1}} + 3,5 \right). \quad (2)$$

Рассчитаем с его помощью значения угла ψ для разных глубин h канавки. Полученные в результате расчетов данные представлены в табл. 2.

Анализируя данные табл. 2, а также уравнение (2), можно отметить, что наибольшее влияние на изгиб прутка в зоне кольцевой канавки оказывает ее глубина в пределах $h = 0,5\text{--}3,0$ мм. Дальнейшее увеличение этой глубины несущественно изменяет значение угла ψ изгиба. Это дает основание считать указанный интервал глубины канавки вполне определенным и обеспечивающим эффективное разделение прутка

с помощью предложенного технологического приема.

Сравнивая полученные результаты с данными [10], нетрудно заметить, что в известном случае для эффективного разделения прутка диаметром 20 мм просто клиновидными роликовыми ножами потребовалось бы сформировать канавку глубиной не менее 5 мм. Таким образом, существенное влияние локального изгиба прутка в зоне клиновидной кольцевой канавки на снижение ее глубины при отделении заготовки очевидно. Положительное воздействие изгиба прутка в зоне разделения, по мнению авторов, можно объяснить тем, что согласно [11] при одноосном растяжении образцов с надрезами у дна этого надреза возникает высокая концентрация напряжений. Она зависит от глубины надреза и радиуса закругления у его вершины, что отражается соответствующим уравнением

$$\sigma_{\max} = 2\sigma_{\text{cp}} \sqrt{\frac{h}{\rho_k}}, \quad (3)$$

где σ_{cp} – среднее растягивающее напряжение по сечению образца, МПа; σ_{\max} – максимальное растягивающее напряжение у дна канавки, МПа; ρ_k – радиус закругления у вершины канавки, мм.

В момент локального изгиба прутка в зоне кольцевой канавки у дна последней возникает высокая концентрация растягивающих напряжений со стороны растянутых волокон пруткового сортамента. Это в процессе поворота прутка вокруг своей оси обеспечивает постепенное зарождение трещин, сливающихся в единое целое в момент разрушения по опасному сечению.

Проведенные исследования также показали, что при разделении таким способом прутков диаметром 15, 20, 25 и 30 мм не выявили существенного влияния данного параметра на изменение установленной зависимости между глубиной канавки и углом локального изгиба прутка.

Таблица 2

Расчетные данные изменения угла ψ изгиба прутка в зоне кольцевой канавки от ее глубины h
Calculated data for changing angle ψ of bar bending in annular groove zone according to its depth h

h , мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
ψ , град.	8,83	5,43	3,73	2,88	2,43	2,23	2,13	2,10	2,03	2,01	2,00

ВЫВОДЫ

1. На основании проведенных исследований при разделении прутков с помощью клиновидных вращающихся дисков установлено, что в случае наличия локального изгиба прутка в зоне сформированной кольцевой канавки клиновидного сечения для обеспечения эффективного отделения заготовки глубина этой канавки может быть значительно меньше, чем в отсутствие указанного изгиба.

2. С учетом полученных экспериментальных данных показано, что значение угла локального изгиба прутка в зоне кольцевой канавки при ее глубине не менее 0,5 мм не превышает 9° и не зависит от диаметра разделяемого прутка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковка и штамповка: справ.: в 4 т. / В. И. Семенов (гл. ред.) [и др.]. М.: Машиностроение, 1985–1987. Т. 3: Холодная объемная штамповка / под ред. Г. А. Навроцкого. 1987. 384 с.
2. Соловцов, С. С. Отрезка в штампах точных заготовок от сортового проката / С. С. Соловцов. М.: НИИмаш, 1980. 52 с.
3. Егоров, М. Е. Технология машиностроения / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев. М.: Высш. шк., 1976. 534 с.
4. Клушин, В. А. Совершенствование поперечно-клиновой прокатки / В. А. Клушин, Е. М. Макушок, В. Я. Щукин. Минск: Наука и техника, 1974. 155 с.
5. Казанская, И. И. Станы для производства точных заготовок машиностроительных деталей / И. И. Казанская, В. Ф. Мухонин, Ю. А. Марков // Кузнечно-штамповочное производство. 1984. № 4. С. 5–8.
6. Васильчиков, М. В. Производство точных заготовок машиностроительных деталей прокаткой / М. В. Васильчиков, М. В. Барбарич, Е. А. Жукевич-Стоша. М.: МТЭиТМ, 1968. 338 с.
7. Сидоренко, М. И. Разделение прутков на мерные заготовки / М. И. Сидоренко. Минск: Парадокс, 1999. 228 с.
8. Инструмент для поперечной прокатки тел вращения: а. с. 1292887 СССР, МПК4 B21H 1/18 / А. В. Степаненко, Л. А. Исаевич, М. И. Сидоренко; дата публ.: 28.02.1987.
9. Степнов, М. Н. Статистические методы обработки результатов технических испытаний: справ. / М. Н. Степнов. М.: Машиностроение, 1985. 232 с.
10. Сидоренко, М. И. Особенности разделения пруткового сортамента на мерные заготовки роликовыми клино-

видными ножами / М. И. Сидоренко // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 2012. № 1. С. 43–50.

11. Губкин, С. И. Пластическая деформация металлов / С. И. Губкин. М.; Л.: ОНТИ НКТП, 1935. 448 с.

Поступила 04.07.2016

Подписана в печать 20.09.2016

Опубликована онлайн 30.01.2017

REFERENCES

1. Navrotsky G. A. (Editorship) [et al.] (1987) *Forging and Stamping. Reference Book. Vol. 3. Cold Die Forging*. Moscow, Mashinostroyeniye Publ., 384 (in Russian).
2. Solovtsov S. S. (1980) *Die Cutting of Precise Blanks from Rolled Sections*. Moscow, Scientific Research Institute of Mechanical Engineering. 52 (in Russian).
3. Egorov M. E., Dementiev V. I., Dmitriev V. L. (1976) *Mechanical Engineering Technology*. Moscow, Vysshaya Shkola. 534 (in Russian).
4. Klushin V. A., Makushok E. M., Shchukin V. Ya. (1974) *Improvement of Cross-Wedge Rolling*. Minsk, Nauka i Tekhnika Publ. 155 (in Russian).
5. Kazanskaya I. I., Mukhonin V. F., Markov Yu. A. (1984) Mills for Production of Precise Blanks for Machine Parts. *Kuznechno-Shtampovoye Proizvodstvo* [Forging and Stamping Production], (4), 5–8 (in Russian).
6. Vasilchikov M. V., Barbarich M. V., Zhukevich-Stosha E. A. (1968) *Production of Precise Blanks for Machine Parts while Using Rolling Process*. Moscow, Ministry of Heavy Power and Transport Engineering. 338 (in Russian).
7. Sidorenko M. I. (1999) *Separation of Bars in Cut-to-Length Sections*. Minsk, Paradoxs Publ. 228 (in Russian).
8. Stepanenko A. V., Isaevich L. A., Sidorenko M. I. (1987) Tool for Cross Rolling of Rotation Bodies. *Inventors Certificate 1292887 USSR* (in Russian).
9. Stepnov M. N. (1985) *Statistical Methods for Processing of Technical Test Results: Reference Book*. Moscow, Mashinostroyeniye. 232 (in Russian).
10. Sidorenko M. I. (2012) Specific Features Pertaining to Separation of Bar Assortment in Cut-to-Length Sections while Using Roller Wedge-Like Blade. *Izvestiia Natsionalnoi Akademii Nauk Belarusi. Ser. Fiziko-Tekhnicheskikh Nauk* [Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Physico-Technical Series], (1), 43–50 (in Russian).
11. Gubkin S. I. (1935) *Plastic Deformation of Metals*. Moscow; Leningrad, United Scientific and Technical Publishing House – Peoples' Commissariat of Heavy Industry. 448 (in Russian).

Received: 04.07.2016

Accepted: 20.09.2016

Published online: 30.01.2017